



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 10 782 A 1**

⑤1 Int. Cl. 6:
H 01 L 49/00
H 01 L 21/308

②1 Aktenzeichen: 196 10 782.2
②2 Anmeldetag: 19. 3. 96
④3 Offenlegungstag: 25. 9. 97

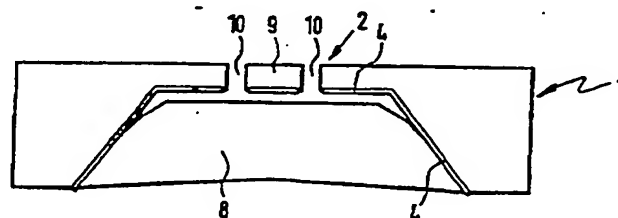
DE 196 10 782 A 1

⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Laermer, Franz, Dr., 70437 Stuttgart, DE; Schilp,
Andrea, 73525 Schwäbisch Gmünd, DE

⑤4 Verfahren zur Herstellung von mikromechanischen Strukturen

⑤7 Es wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem aus einem Membranbereich 2 ein bewegliches Element 9 herausstrukturiert wird. Auf der Unterseite des Membranbereichs 2 wird eine Opferschicht und eine Versiegelungsschicht 8 aufgebracht. Nach dem Entfernen der Opferschicht bildet die Versiegelungsschicht 8 einen Anschlag und eine Versiegelung für die Bewegung des beweglichen Elements 9.



DE 196 10 782 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 07. 97 702 039/155

6/23

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Herstellung von mikromechanischen Strukturen nach der Gattung des unabhängigen Patentanspruchs. Aus der deutschen Patentanmeldung DE-195 26 903 sind bereits Verfahren zur Herstellung von mikromechanischen Drehratensensoren bekannt, bei dem in einer Siliciumplatte durch Einätzen einer Kaverne ein Membranbereich geschaffen wird, der im Vergleich zur Siliciumplatte dünner ausgebildet ist. Durch weitere Ätzprozesse wird dann aus dem Membranbereich ein bewegliches Element herausgeätzt. Um die Auslenkung dieses beweglichen Elements zu beschränken, werden verschiedene Verfahren zur Herstellung von Anschlägen beschrieben. Diese Verfahren zur Herstellung der Anschläge weisen das gemeinsame Merkmal auf, daß jeweils mindestens eine weitere Platte, insbesondere eine Siliciumplatte, zur Ausbildung des Anschlags benötigt wird. Weiterhin muß diese Platte aufwendig mit der Siliciumplatte, aus dem das bewegliche Element herausstrukturiert ist, verbunden werden.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß für die Ausbildung des Anschlags keine weitere Platte benötigt wird. Das erfindungsgemäße Verfahren ist somit mit besonders geringem Materialeinsatz und vergleichsweise einfachen Prozeßtechniken zu realisieren.

Durch die in den abhängigen Patentansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des Verfahrens nach dem unabhängigen Patentanspruch möglich. Die Erzeugung der Opferschicht auf der Unterseite des Membranbereichs erfolgt besonders einfach durch Eindampfen einer Kunststofflösung. Durch einen anschließenden Ätzschritt kann dann der dünne Kunststoff-Film auf den Wänden der Kaverne wieder entfernt werden, so daß eine zuverlässige Haftung des nachfolgend aufgetragenen Materials für den Anschlag auf den Wänden der Kaverne ermöglicht wird. Für das Material des Anschlags ist im besonderen Maße ein Epoxyd- oder Silicon-Kunststoff geeignet. Silicon-Kunststoff besitzt zudem den Vorteil besonders geringer mechanischer Spannungen aufgrund der Elastizität sowie der besonders guten Abdichtungseigenschaften des Silicon-Kunststoffs. Durch die Abscheidung einer Metallisierung auf der Unterseite des Membranbereichs kann ein nahezu perfekter Ätzstop bei der Plasma-Strukturierung der Membrane erfolgen. Sofern dies gewünscht ist, kann durch eine Nachätzung die Metallschicht auf der Unterseite wieder entfernt werden. Es ist auch möglich, durch Verwendung von SOI-Wafern ein vergrabenes Oxyd als Ätzstoppschicht einzusetzen, das von beiden Seiten jeweils prozeßbegrenzend/stoppend wirkt. Die Strukturierung des Membranbereichs erfolgt zweckmäßigerweise mittels eines fluorhaltigen Ätzgases (gemäß der DE 4241.045). Das Einbringen der Kaverne in der Siliciumplatte erfolgt besonders einfach durch die Verwendung einer anisotropen Ätzlösung. Durch die sich dadurch ausbildenden schrägen Wände wird zudem die Entfernung der dünnen Kunststoffschicht von den Wän-

Zeichnungen

5 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen die Fig. 1 bis 5 ein erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren.

Beschreibung

10 In der Fig. 1 wird eine Siliciumplatte 1 gezeigt, aus der durch Einbringen einer Kaverne 3 ein Membranbereich herausstrukturiert wurde. Der Membranbereich 2 weist eine deutlich geringere Dicke als der Rest der Siliciumplatte 1 auf. Die Kaverne 3 weist einen Bodenbereich 6 und Wände 7 auf. Der Bodenbereich 6 der Kaverne 3 bildet zugleich die Unterseite 11 des Membranbereichs 2.

20 Für das Einbringen derartiger Kavernen 3 in Siliciumplatten 1 wird üblicherweise ein Ätzprozeß verwendet, der einkristallines Silicium anisotrop ätzt. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung von basischen Ätzlösungen erfolgen. Es sind jedoch auch andere Ätzverfahren geeignet, mit denen Ausnehmungen in Siliciumplatten 1 erzeugt werden können.

Auf der Unterseite 11 des Membranbereichs 2 wird dann durch Abscheidung, insbesondere durch Aufdampfen oder Sputtern eine dünne Metallschicht, beispielsweise aus Aluminium, Chrom, Nickel oder dergleichen, abgeschieden. Wenn die Abscheidung ohne eine entsprechende Maskierung erfolgt, so werden, wie in der Fig. 2 gezeigt wird, auch die Wände 7 der Kaverne 3 und die Unterseite der Siliciumplatte 1 mit der Metallschicht 4 bedeckt. Die Metallschicht 4 dient als Ätzstop für eine spätere Strukturierung des Membranbereichs 2 und kann sehr dünn, beispielsweise in der Größenordnung von einigen zehn Nanometern ausgeführt werden. Sofern für die später erfolgende Strukturierung des Membranbereichs 2 ein Ätzprozeß verwendet wird, bei dem keinerlei Ätzstop benötigt wird, so kann das Aufbringen der Metallschicht 4 auch entfallen. Es ist auch möglich, das vergrabene Oxyd eines SOI-Wafers als beidseitigen Ätzstop zu benutzen.

45 In einem weiteren Prozeßschritt (siehe Fig. 2) wird nun im Bereich der Unterseite 11 des Membranbereichs 2 eine dicke Opferschicht 5 erzeugt. Für die Erzeugung der Opferschicht 5 wird die Kaverne 3 mit einer Kunststofflösung befüllt. Dabei handelt es sich beispielsweise um Kunststoffe, die aus der optischen Lithographie als Fotoresists verwendet werden, Polystyrol oder andere Kunststoffe, die in Lösungsmitteln wie beispielsweise Aceton, aromatische Lösungsmittel oder Chlorkohlenwasserstoffe gelöst werden können. Durch Eindampfen des Lösungsmittels bildet sich dann auf dem Boden 6 der Kaverne 3 ein Kunststoff-Film, dessen Dicke durch die Konzentration der Lösung und die in die Kaverne 3 eingebrachte Lösungsmenge bestimmt wird. Weiterhin bildet sich auch auf den Wänden 7 der Kaverne ein dünner Kunststoff-Film, dessen Dicke jedoch geringer ist als der im Bodenbereich 6 verbleibende Film. Um diesen dünnen Kunststoff-Film von den Wänden 7 wieder zu entfernen, wird ein nachfolgender Ätzschritt, beispielsweise ein isotroper Plasmaätzschritt in einem Sauerstoffplasma durchgeführt, der den dünnen Film von den Wänden 7 der Kaverne 3 vollständig entfernt. Aufgrund der größeren Dicke wird dabei die Opferschicht 5 im Bereich des Bodens 6 der Kaverne nur unwesentlich

verringert. Man kann auch in die Kaverne eine genau dosierte Menge an Lack oder Polymermaterial einbringen, so daß jeweils nur der Boden bedeckt ist. Dies setzt eine entsprechende Lackdosiereinrichtung voraus, mit der jede Kaverne individuell mit der richtigen Lackmenge versehen wird, um eine gewünschte Höhe der Lack-schicht zu erreichen.

In einem weiteren Schritt wird dann die Kaverne 3 mit einer Versiegelungsschicht 8 gefüllt. Diese Versie-gelungsschicht 8 kann beispielsweise aus Epoxydharz, Sil-iccon-Kunststoff oder anderen geeigneten Materialien bestehen. Silicon-Kunststoff weist den Vorteil auf, daß es auch nach einer Vernetzung des Kunststoffmaterials elastisch bleibt und somit besonders geringe mechani-sche Spannungen auf die Siliciumplatte ausübt. Nach-teilig an Silicon ist, daß die Weiterbearbeitung der Silici-umplatte gegebenenfalls mit flußsäurehaltigen Ätzlö-sungen erfolgt, gegenüber denen Silicon-Kunststoffe nicht vollständig beständig sind.

In einem weiteren Verfahrensschritt erfolgt dann die Strukturierung des Membranbereichs in den Gräben 10, die ausgehend von der Oberseite 12 in den Membranbe-reich 2 eingebracht werden. Dieser Zustand wird in der Fig. 4 gezeigt. Für das Eingraben kann ein Ätzprozeß verwendet werden, beispielsweise durch Verwendung eines fluorhaltigen Plasmas gemäß DE 42 41 045, wel-cher an der Metallschicht 4 stoppt. Die Metallschicht 4 wird hier somit als Ätzstop verwendet. Es wird so si-chergestellt, daß durch den Ätzprozeß keinerlei Ätzung der Opferschicht 5 erfolgt, die eventuell eine Hinter-schneidung der mikromechanischen Strukturen und einen Verlust an Strukturgenauigkeit zur Folge hat. Bei den mikromechanischen Strukturen handelt es sich hier beispielsweise um Drehratensensoren, wie sie aus der DE 1 95 26 903 bekannt sind. Es sind jedoch auch andere mikromechanische Sensor- oder Aktuatorstrukturen vorstellbar. Ein Teil der notwendigen Prozessschritte für die mikromechanische Struktur können bereits erfolgt sein, bevor das in den Fig. 1 bis 4 beschriebene Ver-fahren durchgeführt wird. Nach dem Einätzen der Gräben 10 erfolgt eine Ätzung in der Metallschicht 4, so daß die Opferschicht 5 frei liegt.

In einem weiteren Prozessschritt wird dann die Opfer-schicht 5 entfernt. Dies kann beispielsweise durch Ein-tauchen der Siliciumplatte nach der Fig. 4 in ein Lö-sungsmittel erfolgen, welches die Schicht 5 auflöst. Al-ternativ ist es auch möglich, Plasmaätzverfahren zur Entfernung des Kunststoffmaterials der Opferschicht 5 zu verwenden. In der Fig. 5 wird der dann erreichte Zustand gezeigt. Durch die Gräben 10 ist aus dem Mem-branbereich 2 ein bewegliches Element 9 herausstrukturiert, welches beispielsweise durch eine Beschleunigung ausgelenkt werden kann. Nach unten hin ist die Bewe-gung dieses beweglichen Elementes 9 durch die Versie-gelungsschicht 8 begrenzt, welche als Anschlag wirkt. Durch die Prozeßfolge der Fig. 1 bis 5 ist somit mit besonders einfachen Mitteln ein Anschlag geschaffen worden. Die Metallisierungsschicht 4 kann auf der Un-terseite des Membranbereichs 2 und auch auf der Un-terseite des beweglichen Elementes verbleiben. Diese Metallschicht 4 kann sogar wünschenswert und nützlich sein, da sie einen niederohmigen elektrischen Masse-kontakt beziehungsweise eine Abschirmung bildet. So-fern es gewünscht ist, diese Metallschicht 4 zu entfernen, kann auch eine weitere Ätzung durch Eintauchen in eine für die Metallschicht 4 geeignete Ätzlösung erfolgen.

Der Abstand des beweglichen Elements 9 zur Versie-gelung 8, die als Anschlag wirkt, wird durch die Dicke

der Opferschicht 5 eingestellt. Typische Abmessungen liegen in der Größenordnung von einigen Mikrometern bis einigen zehn Mikrometern, jeweils nach Dicke des Opferlacks 5.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von mikromechani-schen Strukturen, bei dem durch Einbringen einer Kaverne (3) in einer Siliciumplatte (1) ein Mem-branbereich (2) geschaffen wird, bei dem dann aus dem Membranbereich (2) durch Ätzen ein bewegli-ches Element (9) herausstrukturiert wird und bei dem ein Anschlag erzeugt wird, mit dem die Aus-lenkung des beweglichen Elements (9) beschränkt wird, dadurch gekennzeichnet, daß auf einer Un-terseite (11) des Membranbereichs (2) eine Opfer-schicht (5) erzeugt wird, das die Opferschicht (5) mit einer Versiegelungsschicht (8) für den Anschlag be-deckt wird, daß ausgehend von der Oberseite (12) Gräben (10) in den Membranbereich (2) einge-bracht werden, die bis zur Opferschicht (5) reichen, und daß die Opferschicht (5) durch Beaufschlagen mit einem Ätzmedium entfernt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-zeichnet, daß die Opferschicht (5) durch Eindamp-fen einer in der Kaverne (3) eingebrachten Kunst-stofflösung gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekenn-zeichnet, daß nach dem Eindampfen der Kunst-stofflösung ein Ätzschritt erfolgt, bei dem die auf den Wänden (7) der Kaverne (3) durch das Ein-dampfen geschaffene Kunststoffschicht wieder ent-fert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die Ver-siegelungsschicht (8) ein Silicon-Kunststoff oder ein Epoxydharz verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Einbrin-gen der Gräben (10) durch Ätzen erfolgt, daß auf der Unterseite (11) der Membranschicht (2) eine Metallisierung (4) aufgebracht wird, die als Ätzstop für den Ätzschritt dient.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekenn-zeichnet, daß die Metallisierung (4) auf der Unter-seite (11) des Membranbereichs (2) nach dem Ent-fernen der Opferschicht (5) entfernt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Einbrin-gen der Gräben (10) durch Ätzen mittels eines flu-orhaltigen Plasmas vorgenommen wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kaverne (3) durch anisotropes Ätzen des einkristallinen Sili-ciums der Siliciumplatte (1) erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine vorbe-stimmte Menge an Kunststofflösung in die Kaver-ne (3) eingebracht wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

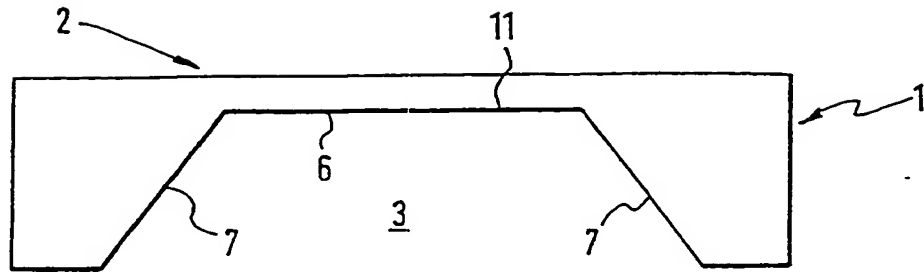


Fig. 2

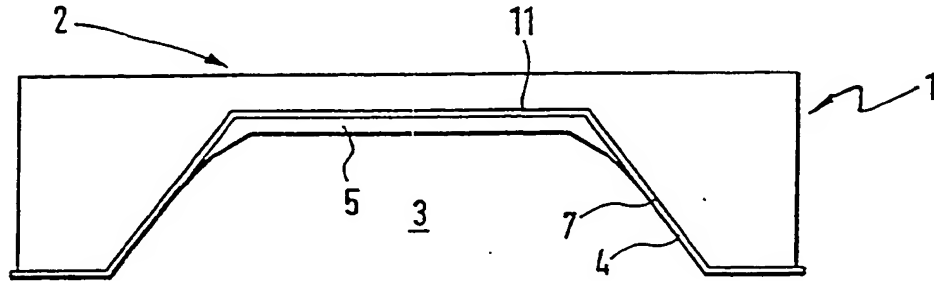


Fig. 3

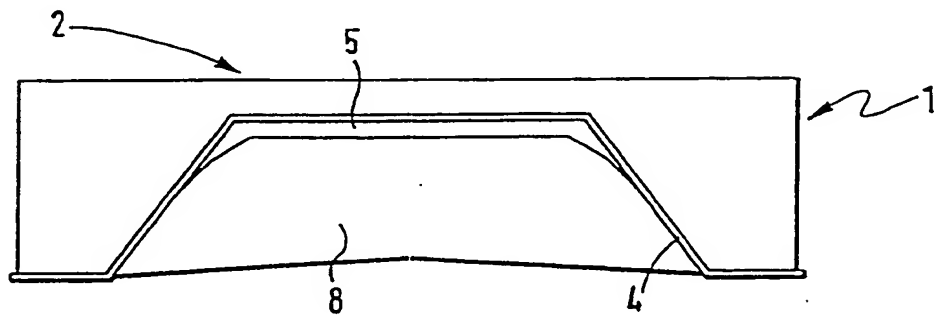


Fig. 4

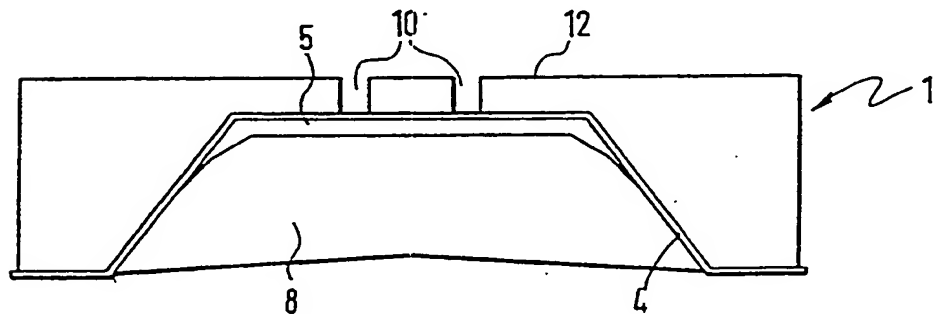
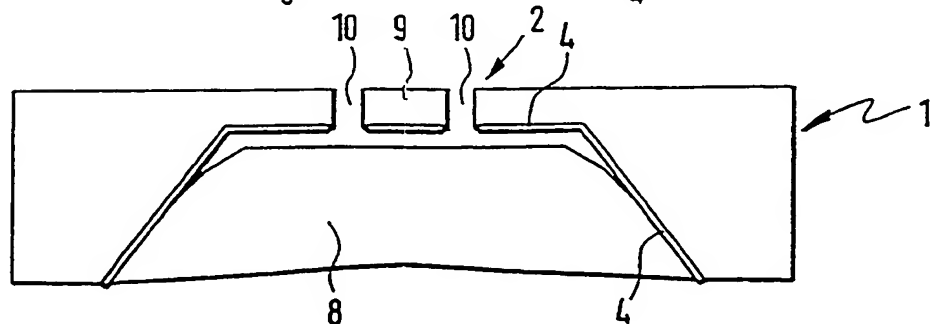


Fig. 5



*